



ORIGINAL ARTICLES

# 파프리카 담배가루이 방제를 위한 천적 이용에 있어 작물보호제의 영향

서미자\* · 백채훈 · 최선우<sup>1</sup> · 박종숙<sup>2</sup>

농촌진흥청 국립농업과학원 농산물안전성부 작물보호과, <sup>1</sup>전라북도농업기술원 농업환경과, <sup>2</sup>전라북도농업기술원 원예과

## Effect of Pesticides on Natural Enemies Used for Controlling Whiteflies in Paprika Greenhouse

Meeja Seo\*, Chae Hoon Paik, Seon U Choi<sup>1</sup>, Jong Suk Park<sup>2</sup>

Crop Protection Division, Dept. of Agro-food Safety and Crop Protection, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Korea

<sup>1</sup>Agricultural Environment Division, Jeollabuk-do Agricultural Research & Extension Services, Iksan 54591, Korea

<sup>2</sup>Division of Horticulture, Jeollabuk-do Agricultural Research & Extension Services, Gimje 54331, Korea

(Received on October 5, 2023. Revised on November 6, 2023. Accepted on November 7, 2023)

**Abstract** This study was performed to assess the side-effect of fungicides for controlling powdery mildew on natural enemies for whiteflies, *Amblyseius swirskii* and *Eretmocerus eremicus*. Also, we investigate the biological control efficacy by two these natural enemies under conventional chemical pest control by the grower. Among 9 tested fungicides, boscalid, metrafenone, dimethomorph+pyraclostrobin, and sulfur showed relatively high toxicity showing over 50% corrected mortality in the residual toxicity test. However, toxicity of these fungicides decreased from 7 days or 10 days after treatment. *E. eremicus* was highly susceptible to tested pesticides than *A. swirskii*. Despite of continuous pesticide sprays in Paprika greenhouses with conventional pest control, whitefly predator, *A. swirskii* density maintained 0.57 individuals per leaf by 30 days after release.

**Key words** *Bemisia tabaci*, *Amblyseius swirskii*, *Eretmocerus eremicus*, Fungicides

### 서 론

대부분의 친환경 및 유기농 재배농가에서는 천적을 이용한 친환경적 해충관리를 희망하지만 병해충의 종합적 관리를 위해 시설 내 발생하는 모든 병해충을 생물학적으로 방제하기란 불가능한 일이다. 따라서 대부분의 연구자들뿐만 아니라 농가에서도 작물재배에 있어 다양한 병해충을 성공적으로 방제하기 위해 선택성 농약을 사용하는 것은 불가피하다는 생각이다(El-Wakeil et al., 2013). 국내 파프리카 농가의 약 47%가 천적을 이용해 해충을 방제하고 있으나, 시설 내 주로 발생하는 흰가루병이나 탄저병과 같은 병해 관리를 위한 작물보호제와 천적의 병행 사용이 가능한 지에 대해 묻는 농가가 많다. 일부 유기농 또는 친환경 농가에서는 천적에 저독성인 농약이나 친환경유기농자재에 대한 정

보를 제공해 달라고 요구하기도 한다. 일반적으로 경제적피해허용수준 이하로 해충이 유지되도록 천적과 작물보호제를 효과적으로 사용하는 것이 가장 고전적이면서도 보편적인 방제방법이 되기도 한다(Croft, 1990; Desneus et al., 2007; Cloyd & Bethke, 2010). 그러나 병해충의 종합적 방제프로그램에서 사용하는 살충제 중 일부 피레스로이드계 약제는 칠레이리움에 높은 독성을 나타내는 것으로 알려져 있다(Hassan et al., 1987). 또한 살균제 중에서도 pyrazophos는 진딧물 포식성 천적인 무당벌레에 매우 높은 독성을 나타내기도 한다(Youn et al., 2003).

시설 파프리카의 경우, 재배시기에 따른 해충발생 양상에 차이를 보이긴 하지만, 겨울작형에서는 흰가루병과 함께 담배가루이가 주로 발생한다. 담배가루이는 유충과 성충이 잎 뒷면에 기생하여 흡즙하여 작물의 생육을 저해할 뿐만 아니라 감로를 배설하여 잎이나 과실 표면에 그을음을 유발하여 상품성을 떨어뜨린다(Jones, 2003). 담배가루이 방제를 위해

\*Corresponding author  
E-mail: mijaseo0337@korea.kr

일반적으로 화학농약을 사용하고 있으나, 발생밀도가 높아 지면 시설 작물체 내에 알, 약충 및 성충 전 발육단계가 혼재하여 방제하기가 어렵다(Park et al., 2014). 특히 가루이류는 살충제에 대한 저항성을 쉽게 획득하는데 2023년 현재 담배가루이에는 68종, 온실가루이에는 27종의 살충제에 대한 저항성이 보고되어 있을 만큼 약제저항성 문제도 심각한 상황이다(Arthropod Pesticide Resistance Database, <http://www.pesticideresistance.org>).

지중해이리응애(*Amblyseius swirskii*)는 지중해 동부지역이 원산으로, 과채류 뿐만 아니라 관상용 식물에서 다양한 해충을 포식하는 생물적 방제인자로 널리 사용되고 있다(Calvo et al., 2015; Demite et al., 2015). 국내에서는 2006년 해충방제용 천적으로 수입이 허가되어 농업현장에서 활발하게 이용되고 있다(Kim et al., 2009). 황온좀벌(*Eretmocerus eremicus*)은 약충기생성 천적으로 채소류 뿐만 아니라 온실 관상용 식물에서의 가루이 밀도억제를 위해 많이 이용되고 있는 천적이다(Rose and Zolnerowich, 1997; Gerling et al., 1998). 국내에서도 이 두 천적은 가루이 방제를 위해 수입되는 천적 종으로 지중해이리응애의 경우, 수입 천적 중 34% 이상을 차지하고 있어 국내 사용비율이 가장 높다. 일부 파프리카 농가에서는 정식 후 꽃이 피기 시작할 무렵부터 선제적으로 지중해이리응애를 방사하여 엽당 2-3마리 정도를 정착시킴으로써 천적만으로도 가루이류 해충관리를 시도하고 있다. 하지만 병해충 발생이 본격적으로 시작되며 살포되는 살균제와 살충제로 인해 시설 내 유지되던 천적의 밀도는 급격히 감소하게 되고 당연히 해충의 밀도가 상대적으로 증가할 수 밖에 없는 상황이 반복된다.

대부분의 농가는 방제수준의 해충 밀도에 대한 개념의 부재와 함께 해충의 박멸을 최종 방제목표로 삼고 있다. 이는 천적을 이용해서 해충을 방제할 수 없다는 인식을 심어주고 있다. 파프리카에서의 담배가루이 요방제수준에 대한 연구 결과는 없으나, 온실에서의 종합적해충방제시 가루이류 성충 밀도가 엽당 4.6마리 이하를 경제적피해허용수준으로 보고 있다(Shen et al., 2005). Park et al. (2014)이 참외의 피해과율과 담배가루이 발생밀도와의 상관관계를 통해 요방제수준을 계산한 결과, 경제적피해수준의 80%를 적용한 경제적 방제수준은 엽당 4.1마리였다. 본 시험농가의 경우, 파프리카 시설 내 담배가루이 밀도는 엽당 한 마리가 채 되지 않았음에도, 병해 방제, 총채벌레류 및 응애류 발생을 우려해 살균제 및 살충제를 계속적으로 사용했다.

본 연구에서는 파프리카 농가에서 사용하고 있는 흰가루병 방제 약제에 대한 천적의 독성정도를 확인하여 병해충 종합관리를 위한 천적과 천적에 저독성약제 사용 가능성을 검토하고자 하였다. 또한 실제 농가에서 사용하고 있는 작물보호제에 의한 천적 밀도 변동의 영향을 확인하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 시험농가 재배, 병해충 발생 및 병해충 방제 상황

본 연구는 2021년 8월부터 2022년 5월까지 전북 김제시 황산면(35.8°N, 126.8°E) 1,500평 연동비닐하우스 파프리카 농가에서 진행되었다. 식재된 파프리카 품종은 적색계 시로코와 황색계 불란테로, 8월 중순 정식 후 시설 전반에 흰가루병 피해가 발생하여 지속적으로 약제방제가 진행되고 있었다. 조사 초기 해충밀도 육안조사 결과 하우스 입구쪽에 단 담배가루이가 엽당 평균 1~2마리 확인되는 상황이었다. 조사 시점 전까지 천적은 전혀 사용하지 않았으며, 10일 간격으로 살충제와 살균제를 지속적으로 살포하였다. 조사시작과 함께 온실 총 40개 지점에 황색끈끈이트랩(150 × 250 mm, 황색, 재질 PP, 그린아그로텍)을 설치하고 10일 후 트랩당 가루이 밀도를 확인한 결과 평균 44마리가 포획되었으며, 총 400엽 조사 결과 엽당 가루이 성충 밀도는 평균 0.1마리, 약충은 확인되지 않았다. 본 연구가 진행된 10월 중순부터 농가에서 병해충 방제를 위해 살포한 농약정보는 Table 1에 제시하였다.

### 담배가루이 발생밀도 조사 및 천적방사

파프리카 1,500평 온실 총 40개 지점에 황색끈끈이트랩을 설치하고 10일 간격으로 트랩을 수거하여 담배가루이 성충 포획수를 조사하였다. 담배가루이 약충 밀도는 40개 지점에서 지점당 10엽씩 총 400엽을 현장에서 루페를 이용해 육안조사 하였으며, 정밀조사를 위해 지점별 상위엽과 하위엽 각1엽씩 총 80엽을 샘플링하여 실험실에서 해부현미경으로 발생 해충 및 천적 곤충의 엽당 마리수를 확인하였다. 농가의 병해충 방제를 위한 약제 살포와 우리 연구팀의 가루이류 방제를 위한 천적 처리 후 해충 및 천적 밀도조사는 위와 동일하게 진행되었으며, 약제처리에 따른 해충밀도 감소와 천적 유지상황을 엽당 해충 및 천적의 마리수로 제시하였다.

담배가루이 천적으로 포식성 천적인 지중해이리응애(*A. swirskii*, Swirski-Mite Plus and Swirski Ulti-Mite, Koppert B.V., The Netherlands)와 기생성 천적인 황온좀벌(*E. eremicus*, ERCAL3000, Koppert B.V., The Netherlands)을 처리하였다. 처리기준은 천적회사가 제시한 면적당 방사마리수를 기준으로 작물보호제 처리 전후 간격을 두고 방사하였으며 Table 2에 천적방사일과 방사량을 제시하였다.

### 파프리카 병해 방제용 작물보호제의 가루이류 천적인 황온좀벌에 대한 독성평가

파프리카에 등록된 흰가루병 살균제와 병해방제용 친환경 유기농자재의 가루이류 천적인 황온좀벌에 대한 독성평가는 직접독성 및 작물체 처리 후 잔류독성 두 방법으로 조사하

**Table 1.** Pesticides used for controlling insect pests and plant pathogens in this Paprika greenhouse

Dates (pesticide spray order)	Pesticides	Target pests	Side effects on natural enemies <sup>a)</sup>		
			<i>A. swirskii</i>	<i>E. eremicus</i> Adult	Larva
13 Oct.2021 (1)	Thiacloprid 10%	Aphids, Whiteflies, Thrips	①	③	
	Spinetoram 5%	Moths	④	④	
	Penetone	Powdery mildew, Anthracnose	③	②	-
3/15 Nov.2021 (2,3)	Pyrufluquinazone 10%	Aphids	-	-	-
	Spiromesifen 20%	Whiteflies, Leaf mites	②	①	②
	Sulfur 23%	Powdery mildew, Phytophora root rot	③	②	-
23 Nov.2021 (4)	Dinotefuran 20%	Aphids, Whiteflies	④	④	④
	Fluxapyroxad 15.3%	Gray mold	②	①	①
7/12 Dec.2021 (5,6)	Chlorantraniliprole 5%	Moths	①	①	①
	Spinetoram 5%	Moths, Whiteflies, Thrips	④	④	③
	Boscalid 15%, metrafenone 15%	Powdery mildew, Gray mold	①	-	-
7 Jan.2022 (7)	Flonicamid 10%	Aphids	①	①	①
	Isopyrazam 12.57%	Powdery mildew	①	-	-
24 Jan.2022 (8)	Abamectine 0.5%, flometoquin 9.0%	Moths, Thrips, Leaf mites	④	③	①
	Azoxystrobin 21.7%	Phytophora root rot, Powdery mildew	①	①	①
	Spinosad 10%	Thrips	④	②	③
12 Feb.2022 (9)	Chlorfenaoyr 3.0%, fluxametamide 7.0%	Moths, Thrips, Leaf mites	③	③	③
	Isopyrazam 12.57%	Powdery mildew	①	-	-

<sup>a)</sup> ① Harmless or only slightly harmful < 25% reduction, ② moderately harmful 25~50% reduction, ③ harmful 50~75% reduction, ④ very harmful >75% reduction (Koppert)

**Table 2.** Predatory mite (*A. swirskii*) and parasitic wasp (*E. eremicus*) release dates and dosage for controlling whiteflies in the Paprika greenhouse

Release dates	Natural enemies released	Dosage per m <sup>2</sup>	Recommended dosage per m <sup>2</sup>
29 October 2021 (A)	<i>A. swirskii</i>	500 sachets/5,000 m <sup>2</sup> (0.1 sachet/m <sup>2</sup> )	0.4 sachet/m <sup>2</sup>
20 December 2021 (B)	<i>E. eremicus</i>	1.2 individuals/m <sup>2</sup> Total 6,000 pupae	1~10 individuals/m <sup>2</sup>
20 January 2022 (C)	<i>E. eremicus</i>	1.2 individuals/m <sup>2</sup> Total 6,000 pupae	1~10 individuals/m <sup>2</sup>

였다. 황온좀벌에 대한 직접독성은 머미가 붙어있는 카드형태의 천적제품(Ercal 3000, Koppert B.V., The Netherlands)에 작물보호제 9종을 각각 추천농도로 희석하여 핸드스프레이로 50 cm 거리를 두고 5회 분무한 후 키친타월로 카드 주변의 약액을 흡착시켰다. 약제가 처리된 황온좀벌 카드는 insect breeding dish (SPL #310102, Pocheon, Korea)에 필터페이퍼 한 장을 깔고 머미가 위로 향하도록 올려놓은 후 처리 후 10일까지 우화여부를 조사하여 미우화한 머미 비율을 사충률로 산정하였다. 우화여부는 해부현미경하에서 우화시 생기는 머미 외부의 탈출공 존재유무로 확인하였다

(Fytrou et al., 2017). 황온좀벌의 작물체 잔류독성은 작물보호제 9종을 각각 추천농도로 희석하여 6엽 이상의 피망유묘에 흘려내릴 정도로 충분히 살포한 후 음건하였다. 약제를 처리하고 1, 3, 7, 10, 14일이 경과한 피망 유묘 포트를 아크릴케이지(30 × 22 × 40 cm)에 넣고 카드에서 우화한 황온좀벌 성충 20마리를 흡충기로 포획하여 아크릴케이지 내에 방사하고 24시간 후 사충수를 조사하였다. 아크릴케이지 안에는 10%로 희석한 꿀물을 넣어 주었으며, 사충률은 무처리구 사충률을 대비한 보정사충률로 제시하였다(Abbott, 1925). 보정사충률은 처리구 사충률에서 무처리구 사충률을 뺀 값

**Table 3.** Pesticides used for toxicity test to two natural enemies, *A. swirskii* and *E. eremicus*

Common name	A.I.(%) <sup>a)</sup>	Formulation <sup>b)</sup>	Main target pests
Metrafenon	25.2	SC	Powdery mildew, Gray mold
Boscalid	49.3	WG	Powdery mildew
Difenoconazole	10.0	SC	Powdery mildew
Dimethomorph+Pyraclostrobin	16.0 / 9.5	WG	Powdery mildew, Anthracnose
Iminoctadine tris	30.0	SC	Powdery mildew
Tebuconazole	25.0	SC	Powdery mildew
Sulfur	80.0	WG	Powdery mildew
<i>Bacillus methyloprophicus</i>	85.0	SC	Powdery mildew
Carvacrol (oregano oil)	50.0	SC	Powdery mildew, Gray mold

<sup>a)</sup> Active ingredient

<sup>b)</sup> Formulation : WG (water dispensible granules); SC (suspension concentrate)

을 100에서 무처리 사충률 값을 뺀 것으로 나누어 비율로 나타내었다.

#### 파프리카 병해 방제용 작물보호제의 가루이류 천적인 지중해이리응애에 대한 독성평가

약제 희석 및 처리방법은 앞서 설명한 황온좁벌의 작물체 잔류독성 조사 방법과 동일하나, 약제처리하고 1, 3, 7, 10, 14일 이 경과한 피망 유묘에서 잎을 샘플링하여 직경 5 cm 잎디스크를 만들고 insect breeding dish (SPL #310050, Pocheon, Korea)에 한천배지를 만들고 그 위에 잎디스크를 올려놓은 후 브러시를 이용해 지중해이리응애 10마리를 접종하였다. 접종 24시간 후 지중해이리응애의 생존여부를 조사하여 죽은 개체 비율을 산정하였다. 사충률은 황온좁벌 실험방법에서와 같이 무처리구 사충률을 대비한 보정사충률로 제시하였다. 작물보호제 9종에 대한 유효성분 함량 및 제형에 대한 정보는 Table 3에 제시하였다.

#### 통계분석

파프리카 병해방제용 작물보호제에 대한 황온좁벌 및 지중해이리응애의 작물체 잔류독성 검정 후 약제별 반응 차이는 보정사충률 평균값을 일원배치분산분석 후 사후검정방법으로 Duncan test를 5% 유의수준에서 비교하였다. 모든 통계분석은 IBM SPSS statistics 25를 이용하였다.

#### 결과 및 고찰

##### 파프리카 시설 내 담배가루이 발생 및 농가방제상황

Palumbo et al. (1994)는 멜론에서의 엽당 담배가루이 평균 마리수가 3~4마리 일 때 경제적피해수준을 71~80%로 제시하고 있으며, 파프리카에서의 담배가루이 요방제수준에 대한 연구결과를 없으나, 온실에서의 종합적해충방제시 가루이류 해충의 성충 밀도가 엽당 4.6마리 이하를 경제적피

해허용수준으로 보고 있다(Shen et al., 2005). 조사 당시 시험농가의 담배가루이 발생밀도는 최초 조사 시점인 10월 중순 파프리카 시설 내 황색끈끈이트랩당 평균 포획수가 44마리, 파프리카 엽당 약충 및 성충 평균 발생마리수는 약 0.1 마리였다. 이러한 해충밀도는 방제를 요하는 해충 밀도 수준이 아니었다. 그럼에도 농가에서는 발생한 흰가루병 방제를 위한 살균제 처리와 함께 가루이 방제 및 응애류와 나방류의 예방적 차원의 방제를 위한 살충제를 10일 간격으로 살포하고 있었다. 농가가 약제 사용에 대한 모든 정보를 제공하지는 않았으므로 누락된 약제가 있을 수 있지만, 본 연구에서는 농사일지와 면담을 통해 농가가 사용한 농약에 대한 정보를 최대한 확보하려고 노력하였으며, 사용한 농약정보는 Table 1에 제시하였다. Table 1에서는 독성등급을 1에서 4까지 숫자로 표시하고 있는데, 이 독성등급은 생물학적 방제 국제기구인 IOBC (International Organization of Biological and Integrated Control)의 기준에 따라 대상천적에 대한 실내검정을 실시하고 독성여부를 판단하여 농약의 유효성분별 사충률을 통해 독성등급을 구분하고 있다. 사충률이 높아질수록 독성등급의 숫자가 높아지며, 사충률 25% 미만을 독성등급 1로 구분하여 대상천적에 대한 저독성 약제로 구분하고 있다(Hassean, 1992; Natasa et al., 2017). 외국 천적회사들은 자사가 생산판매하는 천적제품들에 대한 살충제 및 살균제 유효성분의 side effect를 독성등급으로 database화 하여 천적의 제품 설명과 함께 제공하고 있다. 본 시험농가가 사용한 흰가루병이나 탄저병 살균제 중 boscalid, metrafenone 및 isopyrazam은 천적회사가 제공하는 독성등급 데이터베이스상에서 지중해이리응애에는 저독성인 것으로 확인되었다. 반면에 황온좁벌에 대한 독성등급은 확인되지 않았다. Azoxystrobin은 두 종 천적 모두에 저독성이었으나 유효성분의 약제에 대해서는 두 종 천적 모두에 50% 이상의 사충율을 보였다. 살충제의 경우 살균제에 비해 확실히 지중해이리응애와 황온좁벌에 미치는 부정적 영향이

켰다. 농가가 사용한 살충제 중에 나방류 방제약제인 *chlorantraniliprole*과 진딧물 약제인 *flonicamid* 만이 두 종 모두에 저독성이었으나, 진딧물과 가루이류 약제인 *dinotefuran*은 지중해이리응애와 황온좁벌 두 천적 모두에 살충율 75% 이상의 고독성을 나타내는 것으로 알려져 있어, 천적사용시 *dinotefuran* 사용은 제한하거나 약제처리 후 경과일을 고려하여 천적의 방사시기를 결정해야 할 것으로 판단된다.

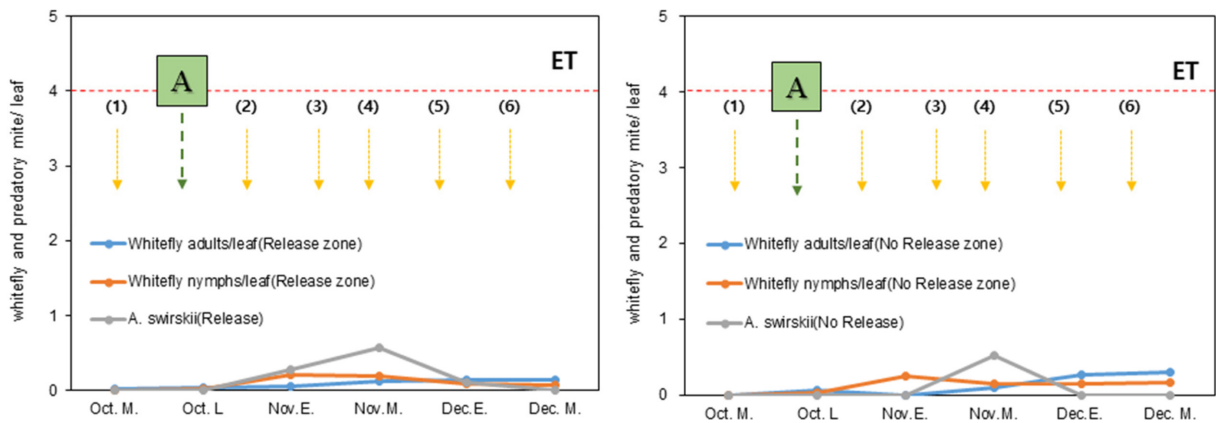
**관행약제방제 농가에서의 천적 사용 후 해충과 천적 밀도 변동**

농약 만을 사용하는 파프리카 농가에서 천적 사용 후 해충과 천적 밀도를 조사하였다. 농가는 담배가루이와 흰가루병 방제를 위해 Table 1에 제시한 살충제와 살균제를 10일 간격으로 살포하였다. 농가의 방제 상황 중에 간격을 두고 담배가루이 방제용 천적인 지중해이리응애를 10월 하순에 방사한 후 해충과 천적의 밀도를 확인한 결과, 10일 간격으로 살충제와 살균제를 살포하였음에도 지중해이리응애는 방사 후 30일까지 엽당 0.6마리로 유지되었다(Fig. 1). 화학농약을 사용하지 않는 유기농 오이 재배농가의 경우, 오이총채벌레를 방제하기 위해 지중해이리응애를 평당 40마리로 방사 한 직후 엽당 1.4마리로 확인되었고 방사 일주일 후에 엽당 2.8마리로 2배, 방사 4주 후에는 엽당 16.6마리까지 증가하여 유지되는 양상을 보이기도 한다(Kim et al., 2009). 본 연구에서는 화학농약 사용과 상관없이 평당 약 12.1마리 지중해이리응애를 방사했을 때, 방사 후 30일까지 엽당 0.6마리로 유지되는 것을 확인할 수 있었다. 농가에서 저독성 약제를 사용했다면 천적개체군 밀도를 좀 더 높게 충분히 유지할 수 있었을 것으로 판단된다.

농가에서 사용한 흰가루병 방제제 중 유효성분의 살균제를 제외하고는 대부분의 살균제가 두 종 천적에 저독성이었으나, 진딧물류나 가루이류 방제용 살충제인 *dinotefuran*이

나 나방류 및 총채벌레 방제용 살충제인 *spinetoram*은 포식성 천적인 지중해이리응애에 대해 고독성을 나타내는 것으로 알려져 있다. 12월 초 지중해이리응애에 고독성인 *dinotefuran*과 *spinetoram*처리 후 지중해이리응애 밀도가 엽당 0.1마리 이하로 떨어져 거의 유지되지 못하는 것이 확인되었다. 따라서 가루이방제를 위한 천적으로 지중해이리응애를 사용할 때, 저독성 약제를 사용한다면 천적과 작물보호제의 조화로운 사용을 통해 살충제 사용량을 줄이고 천적의 밀도를 유지하면서 해충을 효과적으로 방제할 수 있을 것으로 판단된다. 농가의 담배가루이 성충 및 약충 밀도는 구역당 밀도가 엽당 1마리 미만으로 방제기간 내내 담배가루이 밀도는 경제적피해허용수준인 엽당 4.6마리에 미치지 못하는 발생 수준이었으나 농가는 가루이 발생이 확인되면 밀도와 상관없이 약제방제를 관행적으로 지속하였다.

농가의 농약사용과 상관없이 지중해이리응애 방사한 것과 마찬가지로 가루이 약충의 기생성 천적인 황온좁벌을 12월 중순과 이듬해 1월 중순에 방사하고 담배가루이 및 황온좁벌 밀도 변동을 확인하였다(Fig. 2). 12월 중순부터 이듬해 2월 초까지 담배가루이 성충밀도는 엽당 0.3~0.5마리, 약충은 0.2~0.4마리로 방제를 요하는 수준으로 밀도가 증가하지는 않았으나, 농가는 흰가루병 살균제와 응애류 및 나방류 발생 전 예방 목적으로 다섯 차례 이상 농약을 살포하였다. 황온좁벌은 Fig. 1에서 본 지중해이리응애 결과와는 달리 방사 후 한 마리도 시설 내에서 확인할 수 없었다. 그 결과, 조사 마지막인 2월 초 담배가루이 성충 밀도는 엽당 0.5마리, 약충은 0.4마리로 지중해이리응애를 방사한 12월초까지의 담배가루이 밀도보다 증가했다. 잦은 농약사용에 의해 천적인 황온좁벌의 정착이 어려워 담배가루이 밀도 또한 천적 처리구와 무처리구의 차이가 없었다. 가루이 방제를 위해 황온좁벌을 이용할 때에는 농약사용에 주의해야 할 뿐만 아니라 사용하더라도 약제처리 전후 천적 투입 가능기간을



**Fig. 1.** The average number of whitefly adults and nymphs and *A. swirskii* per a Paprika leaf. Yellow arrow with number in parenthesis represent the pesticide spray date shown in Table 1. Red-dashed line represent the economic threshold (ET). 'A' in green square box represent the release date shown in Table 2.



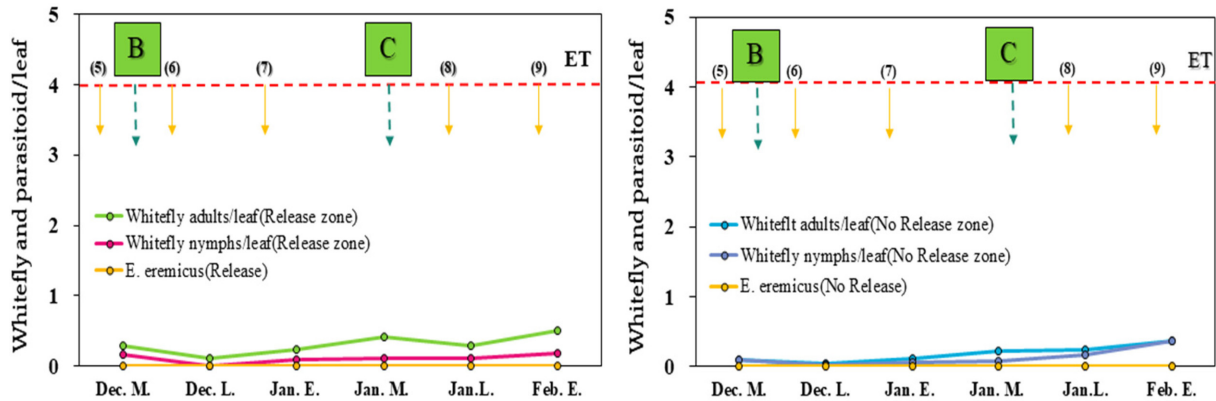


Fig. 2. The average number of whitefly adults and nymphs and *E. eremicus* per a paprika leaf. Yellow arrow with number in parenthesis represent the pesticide spray date shown in Table 1. Red-dashed line represent the economic threshold (ET). 'B' and 'C' in green square box represent the release date shown in Table 2.

확인하여 방사하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

**파프리카 병해방제용 작물보호제의 가루이류 천적인 황온좀벌에 대한 독성평가**

흰가루병 방제 살균제 및 친환경유기농자재 9종의 황온좀벌 머미에 대한 직접독성정도를 확인하고자 실내생물검정을 수행하였다. Boscalid는 황온좀벌 머미 미우화율이 평균 14.6%로 시험약제 9종 중 사충률이 가장 높았으나, 시험약제 모두 사충률 25% 미만의 저독성으로 나타났다(Table 4). 따라서 황온좀벌 머미 우화에 있어 흰가루병 방제용 시험약제 9종은 부정적인 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다.

작물체 잔류독성 결과에서는 약제처리 후 경과일에 따른 사충률 확인 결과, *Bacillus methylotrophicus* 배양액과 carvacrol 친환경유기농자재 2종에 대해서는 약제처리 후 1일 차에도 저독성을 나타내어 가루이 방제를 위한 천적인 황온좀벌과 동시 사용이 가능한 것으로 확인되었다. Boscalid는

처리 후 3일차까지 사충률 50% 이상을 보이며 중도독성을 나타냈으며, 약제처리 후 14일이 경과한 작물체에 노출되었을 때에도 30% 이상의 사충률을 보였다. 따라서 흰가루병과 가루이류 동시 발생시 해충방제를 위해 천적을 사용하고 있다면 boscalid의 사용은 제한해야 할 것으로 보인다. Metrafenone도 처리 후 7일까지는 사충률 25% 이상을 보여 가루이류 방제를 위해 황온좀벌을 사용하고자 한다면 처리 후 7일차부터 투입하는 것이 효과적이다. difenoconazole이나 tebuconazole은 처리 후 1일차 보정사충율이 24.6와 23.2%로 25% 이하의 사충률을 보였으며, dimethomorph+pyraclostrobin 합제의 경우도 처리 후 1일차 보정사충률은 25.8%였으나, 처리 후 3일차부터는 황온좀벌에 거의 영향을 주지 않는 것으로 확인되어 천적과 사용 가능할 것으로 판단된다. Iminoctadine tris의 경우, 처리 후 1일차 사충률은 24.7%였으나, 처리 후 14일차에도 16.7%의 사충률을 나타내 살충율은 높지 않으나 다른 살균제에 비해 가루이류 천적인 황온

Table 4. Toxicity of nine selected pesticides against *E. eremicus* mummies (direct spray)

Pesticides (Common names)	A.I.(%)	Formulation <sup>a)</sup>	Mortality (non emergence, %) <sup>b)</sup>
Metrafenone	25.2	SC	15.6 ± 3.8ab
Boscalid	49.3	WG	19.9 ± 4.8b
Difenoconazole	10.0	SC	0.0 ± 0.0a
Dimethomorph+Pyraclostrobin	16.0 / 9.5	WG	3.6 ± 2.6ab
Iminoctadine tris	30.0	SC	13.3 ± 3.7ab
Tebuconazole	25.0	SC	5.7 ± 2.5ab
Sulfur	80.0	WG	0.0 ± 0.0a
<i>Bacillus methylotrophicus</i>	85.0	SC	4.4 ± 1.9ab
Carvacrol	50.0	SC	5.0 ± 2.8ab

<sup>a)</sup> Formulation : WG(Wettable granule), SC(Suspension concentrate)

<sup>b)</sup> Means with different letters within a row indicate significant difference at  $P < 0.05$  level (one-way ANOVA, post hoc tests by Duncan in SPSS statistics 25.0)

**Table 5.** Toxicity of nine selected pesticides against *E. eremicus* adults (leaf disc exposure)

Common name/ A.I.(%)	Formulation <sup>a)</sup>	Targets	Toxicity on 1, 3, 7, 10, and 14 days after treatment (Corrected mortality (%), Classification of side effects <sup>b)</sup> )				
			1DAT	3DAT	7DAT	10DAT	14DAT
Metrafenone/ 25.2%	SC		53.1 ± 3.8c	34.2 ± 2.6e	29.0 ± 3.6cd	18.9 ± 3.0b	0.0 ± 0.0a
Boscalid/ 49.3%	WG		75.0 ± 0.9d	52.0 ± 1.7f	33.3 ± 1.9d	38.9 ± 3.3c	31.6 ± 1.5c
Difenoconazole/ 10%	SC		24.6 ± 0.7b	15.0 ± 0.8b	0.0 ± 0.0a	0.0 ± 0.0a	0.0 ± 0.0a
Dimethomorph 16%/ Pyraclostrobin 9.5%	WG		25.8 ± 2.9b	11.1 ± 2.1b	0.0 ± 0.0a	1.5 ± 1.5a	0.0 ± 0.0a
Iminoctadine tris 30%	SC	Powdery mildew	24.7 ± 2.0b	26.0 ± 1.9cd	21.3 ± 0.8b	21.3 ± 1.7b	16.7 ± 3.5b
Tebuconazole 25%	SC		23.2 ± 3.4b	20.9 ± 3.1c	21.3 ± 5.4b	0.0 ± 0.0a	0.0 ± 0.0a
<i>Bacillus methylotrophicus</i> 85%	SC		8.7 ± 3.9a	0.0 ± 0.0a	0.0 ± 0.0a	0.0 ± 0.0a	0.0 ± 0.0a
Carvacrol 50%	SC		5.6 ± 2.6a	0.0 ± 0.0a	0.0 ± 0.0a	0.0 ± 0.0a	0.0 ± 0.0a
Sulfur 80%	WG		26.7 ± 1.2b	29.1 ± 2.4d	25.4 ± 2.6bc	16.7 ± 4.3b	0.0 ± 0.0a

<sup>a)</sup> Formulation : WG (Wettable granule), SC (Suspension concentrate)

<sup>b)</sup> Means with different letters within a row indicate significant difference at  $P < 0.05$  level (one-way ANOVA, post hoc tests by Duncan in SPSS statistics 25.0)

좀벌에 지속적으로 부정적인 영향을 줄 수 있을 것으로 보인다(Table 5). 진딧물 기생성 천적인 콜레마니진디벌 성충에 대한 23종의 살균제의 독성 조사 결과에서 iminoctadine tris는 90% 이상의 높은 사충률을 보였는데(Kim et al., 2006), 본 연구결과에서도 iminoctadine tris는 사충률 자체는 높지 않았으나, 처리 후 14일까지도 황온좀벌에 영향을 주는 것으로 나타나 천적을 사용할 때 주의해야 할 필요가 있을 것으로 보인다. 황 성분의 살균제도 역시 처리 후 7일까지는 약 25% 이상의 사충률을 보이며 IOBC 기준으로는 황온좀벌에 대해 중도독성을 나타내는 것으로 확인되었다. 시설 하우스에서는 일반적으로 총채벌레류, 가루이류 및 굴파리류 해충의 발생과 함께 흰가루병, 노균병 및 탄저병과 같은 병해가 동시에 발생하는 경우가 많다. 따라서 사용하고자 하는 천적에 비교적 안전한 살균제, 살충제 및 살비제를 선택적으로 사용하는 것이 병해충 종합관리에 있어 농약과 천적을 이용한 상호 보완적인 방제 가능성을 제시해 줄 수 있는 가장 최선의 방법이라고 보고 있다(Ahn et al., 2004a).

**파프리카 병해방제용 작물보호제의 가루이류 천적인 지중해이리응애에 대한 독성평가**

흰가루병 방제용 작물보호제 9종의 작물체 살포 후 경과일에 따른 지중해이리응애에 대한 독성정도를 확인한 결과, 처리 후 1일차에도 difenoconazole, iminoctadine tris, tebuconazole, *Bacillus methylotrophicus* 배양액, carvacrol 대해서는 25% 미만의 사충률을 보이며 저독성을 나타냈다(Table 6). 황온좀벌에 대한 독성평가 결과와 유사하게 유황성분은 처리 후 7일차까지도 25% 이상의 사충률을 나타내었다. 따라서 유황성분의 작물보호제를 흰가루병 방제를 위해 사용할 경우, 살포 7일 이후에 천적을 방사해야 천적에

의한 해충방제 효과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다. 살균제 중 dimethomorph와 pyraclostobin 합제는 처리 후 7일차까지 30% 이상의 사충률을 보였는데, 처리 후 10일차부터는 사충률이 떨어져 약제살포 10일 이후부터는 지중해이리응애 사용은 가능할 것으로 판단된다.

일반적으로 포식성 천적보다는 기생성 천적이 방제제에 의한 영향을 많이 받는 것으로 확인되고 있는데, spinosad는 콜레마니진디벌에 대해서는 80% 이상의 높은 사충률을 보였으나 칠레이리응애에 대해서는 47.2%의 사충률을 나타냈다고 보고된 바 있다(Ahn et al., 2004b).

살충제를 사용하지 않는 유기농가 또는 친환경농가에서는 점박이용애를 방제하기 위해 천적인 칠레이리응애를 사용하고 있지만, 천적만으로 모든 해충을 방제하기 어렵기 때문에 화학농약 대신 친환경유기농자재를 사용하는 경우도 많다. 하지만, 친환경유기농자재 중 일부는 친환경농업을 위해 사용하는 천적곤충에 부정적인 영향을 줄 수 있다(Kang et al., 2007). 그 예로 몰리브덴 함유 친환경유기농자재가 점박이용애 뿐만 아니라 천적인 칠레이리응애 개체수도 함께 감소시키는 것이 확인되었다(Lee et al., 2008). 친환경농자재가 환경문제와 독성문제가 전혀 없다고 일부 농민들 사이에 잘못 인식되어 무분별하게 사용되는 경향이 있을 뿐만 아니라, 시설 내 여러 해충 발생을 천적으로 모두 관리할 수 없는 문제로 친환경농자재가 과도하게 중복 사용되다 보니 천적곤충에 미치는 영향을 농민들은 전혀 숙지하지 못하고 있다는 것도 천적사용의 어려움을 가중시키고 있다(Lee et al., 2008). 하지만, 천적을 이용하여 해충방제를 하는 농가에서 농약이나 친환경유기농자재를 전혀 사용하지 못하는 것은 아니라는 사실을 이전 연구뿐만 아니라 본 연구결과를 통해서도 우리는 확인할 수 있다. 천적을 이용하여 해충방제를

**Table 6.** Residual toxicity of 9 selected pesticides against *A. swirskii* (exposure on treated plants)

Common name/ A.I.(%)	Formulation <sup>a)</sup>	Targets	Toxicity on 1, 3, 7, 10, and 14 days after treatment (Corrected mortality(%).classification for side effects) <sup>b)</sup>				
			1DAT	3DAT	7DAT	10DAT	14DAT
Metrafenone/ 25.2%	SC		26.1 ± 4.5cde	21.9 ± 5.2bc	19.8 ± 4.4cde	5.1 ± 2.6ab	1.6 ± 1.6a
Boscalid/ 49.3%	WG		29.6 ± 2.9cde	24.0 ± 2.1bc	23.3 ± 1.5cde	0.0 ± 0.0a	0.0 ± 0.0a
Difenoconazole/ 10%	SC		19.0 ± 0.9abc	13.9 ± 7.3ab	13.9 ± 7.0bcd	9.5 ± 0.4bc	15.5 ± 3.7c
Dimethomorph 16%/ Pyraclostrobin 9.5%	WG		31.2 ± 2.8de	29.6 ± 4.8cd	30.2 ± 3.0e	7.6 ± 1.4ab	8.9 ± 0.8bc
Iminoctadine tris 30%	SC	Powdery mildew	21.2 ± 5.0bcd	22.6 ± 3.9bc	17.7 ± 3.8cde	0.0 ± 0.0a	0.0 ± 0.0a
Tebuconazole 25%	SC		21.0 ± 2.8bcd	13.0 ± 2.4ab	0.0 ± 0.0a	0.0 ± 0.0a	0.0 ± 0.0a
<i>Bacillus methylotrophicus</i> 85%	SC		8.6 ± 4.5a	4.4 ± 2.3a	3.7 ± 3.7ab	0.0 ± 0.0a	0.0 ± 0.0a
Carvacrol 50%	SC		10.4 ± 1.0ab	7.6 ± 4.2a	9.7 ± 5.0abc	6.3 ± 6.3ab	2.9 ± 2.9ab
Sulfur 80%	WG		34.7 ± 4.5e	38.9 ± 1.7d	26.7 ± 4.1de	17.3 ± 4.5c	13.3 ± 4.8c

<sup>a)</sup> Formulation : WG (Wettable granule), SC (Suspension concentrate)

<sup>b)</sup> Means with different letters within a row indicate significant difference at  $P < 0.05$  level (one-way ANOVA, post hoc tests by Duncan in SPSS statistics 25.0)

**Table 7.** Toxicity of nine selected pesticides against *E. eremicus* and *A. swirskii*

Common names/A.I.(%)	Formulation	Side effects on Natural enemies <sup>a)</sup>	
		<i>E. eremicus</i>	<i>A. swirskii</i>
Metrafenone/ 25.2%	SC	③	②
Boscalid /49..3%	WG	④	②
Difenoconazole/10%	SC	①	①
Dimethomorph 16% Pyraclostrobin 9.5%	WG	②	②
Iminoctadine tris 30%	SC	②	①
Tebuconazole 25%	SC	①	①
<i>Bacillus methylotrophicus</i> 85%	SC	①	①
Sulfur 80%	WG	②	②

<sup>a)</sup> IOBC classification of side effects : ① harmless or only slightly harmful < 25% reduction , ② moderately harmful 25~50% reduction, ③ harmful 50~75% reduction, ④ very harmful > 75% reduction

하더라도 병해방제를 위해 살균제 및 친환경유기농자재를 사용해야 하는 경우에는 천적에 영향이 적은 작물보호제를 선택적으로 사용할 수 있다. 또한 살포시기나 방법을 고려함으로써 천적의 투입시기를 조절하고 재투입시기를 설정하는 방법으로 천적과 작물보호제를 조화롭게 사용할 수 있다.

**감사의 글**

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 공동연구사업(생태공학작업 기법 활용 지역특화작물의 천적 적용 모델 개발, 과제번호: PJ01593802)에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

**Author Information and Contributions**

Meeja Seo, Crop Protection Division, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-6819-0379>, Conceptualization, Methodology, Writing original draft preparation, Project administration.

Chae Hoon Paik, Crop Protection Division, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Researcher, Writing review.

Seon U Choi, Agricultural Environment Division, Jeollabuk-do Agricultural Research & Extension Services, Researcher, Writing review.



Jong Suk Park, Division of Horticulture, Jeollabuk-do Agricultural Research & Extension Services,, Researcher, Investigation, Writing-review.

## 이해상충관계

저자 모두는 이해상충관계가 없음을 선언합니다.

## Literature Cited

- Abbott WS, 1925. A Method of Computing the Effectiveness of an Insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18(2):265-267.
- Ahn KS, Lee SY, Kang HJ, Park SK, Kim GH, 2004a. Toxicity of pesticides to minute pirate bug, *Orius strigicollis* poppies (Hemiptera: Anthocoridae), a predator of thrips. *Kor. J. Appl. Entomol.* 43:257-262.
- Ahn KS, Lee SY, Lee KY, Lee YS, Kim GH, 2004b. Selective toxicity of pesticides to the predatory mite, *Phytoseiulus persimilis* and control effects of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* by predatory mite and pesticide mixture on rose. *Kor. J. Appl. Entomol.* 43:71-79.
- Calvo FJ, Knapp M, van Houten YM, Hoogerbrugge H, Belda JE., 2015. *Amblyseius swirskii*: what made this predatory mite such a successful biocontrol agent? *Experimental and Applied Acarology.* 65:419-433.
- Cloyd RA, Bethke JA, 2011. Impact of neonicotinoid insecticides on natural enemies in greenhouse and interior-scaped environments. *Pest Manag. Sci.* 67(1):3-9.
- Croft BA, 1990. Arthropod biological control agents and pesticides. Wiley. New York. 723pp.
- Demite PR, de Moraes JG, McMurtry JA, Denmark HA, Castilho RC, 2015. Phytoseiidae database [online]. Available from [www.lea.esalq.usp.br/phytoseiidae](http://www.lea.esalq.usp.br/phytoseiidae)
- Desneux N, Decourtye A, Delpuech JM, 2007. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annu. Rev. Entomol.* 52:81-106.
- El-Wakeil N, Gaafar N, Sallam A, Volkmar C, 2013. Side effect of insecticides on natural enemies and possibility of their integration in plant protection strategies. pp.1-56. In: Trdan S. (Eds.). *Insecticides-Development of Safer and more effective technologies.* IntechOpen Limited. London. UK.
- Fytrou N, Ilias A., Sklivakis J, Tsagkarakou A, 2017. Lethal and sublethal effects of selected insecticides on commercially available natural enemies of whiteflies. *Pesticides and Beneficial Organisms. IOBC-WPRS Bulletin V.* 125:19-27.
- Hassan SA, Albert R, Bigler F, Blaisinger P, Bogenschütz H, et al., 1987. Results of the third joint pesticide testing programme by the IOBC/WPRS working group "Pesticides and beneficial organisms" *J. Appl. Entomol.* 103(1-5):92-107.
- Hassan SA, 1992. Guidelines for testing the effects of pesticides on beneficial organisms. Description of test methods. *Bull. IOBC/WPRS.* 15:18-39.
- Gerling D, Quicke DLJ, Orion T, 1998. Oviposition mechanism in the whitefly parasitoid, *Encarsia transvena* and *Eretmocerus mundus*. *Biocontrol.* 43:289-297.
- Jones D, 2003. Plant viruses transmitted by whiteflies. *Eur. J. Plant Pathol.* 109:197-221.
- Kang ME, Kang EJ, Lee HJ, Lee DH, Seok HB, et al., 2007. Effects of environment friendly agricultural materials to *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) in the laboratory. *Kor. J. Appl. Entomol.* 46(1):87-95.
- Kim HY, Kim JH, Kang SH, Lee YH, Choi MY, 2009. Biological control of *Frankliniella occidentalis* (Tysanoptera: Thripidae) on cucumber, using *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae). *Kore. J. Appl. Entomol.* 48(3):355-359.
- Kim JJ, Seo DK, Kim GH, 2006. Evaluation of toxicity of 83 pesticides against aphid parasitoid, *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae), and control effects of the green peach aphid, *Myzus persicae* with a combination of aphid parasitoid and pesticides. *Kor. J. Appl. Entomol.* 45(2):217-226.
- Lee DH, Kang EJ, Kang MK, Lee HJ, Seok HB, et al., 2008. Effects of environment friendly agricultural materials to insect natural enemies at small green houses. *Kor. J. Appl. Entomol.* 47(1):75-86.
- Palumbo JC, Tonhasca Jr.A., Byrne DN. 1994. Sampling plans and action thresholds for whiteflies on spring melons. <http://cals.arizona.edu/crops/vegetables/insects/wf/wfmelons.html>
- Park SH, Lee JH, Woo JH, Choi SY, Park SD, et al., 2014. Economic injury level of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera:Aleyrodidae) on oriental melon (*Cucumis melo* L.) in greenhouse. *Kor. J. Pestic. Sci.* 18(3):196-201.
- Rose M, Zolnerowich G, 1997. *Eretmocerus* Haldman (Hymenoptera: Aphelinidae) in the United State with descriptions of new species attacking *Bemisia (tabaci complex)* (Homoptera:Aleyrodidae). *Proc.Entomol. Soc. Washington* 99:1-27.
- Shen BB, Ren SX, Musa PH, Chen C, 2005. A study on economic threshold of *Bemisia tabaci*. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis.* 27(2):234-237.
- Youn YN, Seo MJ, Shin JG, Jang C, Yu YM, 2003. Toxicity of greenhouse pesticides to multicoloured Asian lady beetles, *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) *Biological Control.* 28(2):164-170.

● ..... ●

## 파프리카 담배가루이 방제를 위한 천적 이용에 있어 작물보호제의 영향

서미자\* · 백채훈 · 최선우<sup>1</sup> · 박종숙<sup>2</sup>

농촌진흥청 국립농업과학원 농산물안전성부 작물보호과, <sup>1</sup>전라북도농업기술원 농업환경과, <sup>2</sup>전라북도농업기술원 원예과

**요 약** 본 연구는 흰가루병 방제용 살균제의 가루이류 천적인 지중해이리응애와 황온좁벌에 대한 영향을 평가하고 농약살포와 천적사용 병행시 천적의 생물적방제효과를 조사하기 위해 수행되었다. 실험에 사용한 9종의 살균제 중, boscalid, metrafenone, dimethomorph+pyraclotrobin과 황 성분의 약제는 두 종의 천적에 대한 잔류독성평가에서 50% 이상의 보정사충률을 보이며 비교적 높은 독성을 나타냈으며, 처리 후 7일차 또는 10일차부터는 감소했다. 황온좁벌은 지중해이리응애보다 농약에 대해 높은 감수성을 보였다. 재배지 방제력 정보를 토대로 약제 방제 하에서 두 종 천적의 밀도를 분석한 결과, 지중해이리응애는 방사 후 30일까지 엽당 0.57마리로 유지되었으나, 황온좁벌은 방사 후 10일 이내에 정착하지 못했다.

**색인어** 담배가루이, 지중해이리응애, 황온좁벌, 살균제

